

УДК: 004.942

Сыдихов А. Ш., Тягунов А. Г., Сергеев А. П., Тарасов Д. А.

УрФУ, г. Екатеринбург, Россия

Уразбаева Р. Е.

КазНТУ, г. Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Аннотация

Данная работа посвящена исследованию возможности применения искусственных нейронных сетей (ИНС) в специальных сферах. Проведено моделирование демографической динамики методом ИНС на примере города Екатеринбург. Прогноз изменения численности населения и его половозрастного состава был проведен на нелинейной авторегрессионной нейронной сети с экзогенном. Отклонение результатов прогноза от данных Росстата составило 3 %.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, временные ряды, прогнозирование.

APPLICATION OF THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD FOR TIME SERIES ANALYSIS

Sydikhov A. S., Tyagunov A. G., Sergeev A. P., Tarasov D. A.

UrFU, Ekaterinburg, Russia

Urazbaeva R. E.

KazNTU, Almaty, Kazakhstan

Abstract

The study investigates a possibility to utilize artificial neural networks (ANN) in specified spheres. A demographic dynamics simulation provided by ANN method for Yekaterinburg has been done. Forecast changes in population and its age and gender composition was performed by the nonlinear autoregressive network with exogenous inputs. Deviation of the forecast result from the data of Rosstat was 3 %.

Keywords: artificial neural networks, time series, prediction.

© Сыдихов А. Ш., Тягунов А. Г., Сергеев А. П., Тарасов Д. А., 2015

Введение

Сфера применения искусственных нейронных сетей обширна и напрямую связана с моделированием процессов различных систем [1].

В частности чрезвычайно интересно применение нейронных сетей в прогнозировании временных рядов. Одним из хорошо известных примеров временных рядов является демографическая статистика, которая стала объектом настоящего исследования.

В 2010 г. Росстат представил результаты демографического прогноза России до 2030 г. Расчеты предположительной численности всего населения страны и его возрастно-половых групп были осуществлены на основе оценки численности постоянного населения по полу и возрасту на 1 января 2009 г. [2].

Цель настоящей работы: построение ИНС с экзогенном для прогнозирования численности населения крупного города.

1. Методы

При моделировании демографической динамики нами учитывались те же параметры, что использовались при прогнозе Росстатом — рождаемость, смертность, миграция населения и его половозрастной состав [2].

Демографическая динамика проводилась с помощью нелинейной авторегрессионной нейронной сети с экзогенном (NARX) (рис. 1), так как данная архитектура часто используется в прогнозировании временных рядов [3].

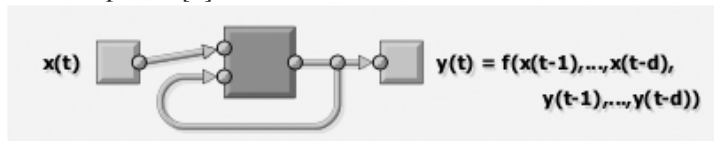


Рис. 1. Схема нейронной сети NARX

В качестве обучающей выборки использовались статистические данные, предоставленные Росстатом [4], по численности населения, его половозрастному составу, приросту населения за счет миграции с 1970 до 2010 года (табл. 1).

Обучение сети проводилось в среде Matlab. Качество обучения смоделированной нейронной сети проверялось с помощью коэффициентов корреляции (пример проиллюстрирован на рис. 2).

Для построения более достоверного прогноза был произведен

сравнительный анализ по коэффициентам корреляции 4-х нейронных сетей, с разным числом нейронов в скрытом слое: 10, 15, 20 и 25 нейронов (коэффициенты корреляции приведены в табл. 2).

Так как разница между коэффициентами оказалась небольшой, дополнительно была проведена еще одна проверка: на основе обучающего множества до 2009 года строился прогноз численности населения за 2010–2014 годы (результаты прогноза, а так же их сопоставление с фактическими данными указаны в таблице 3).

Вычисление средней достоверности проводилось по формуле (1) (приведены в табл. 4), где: p_i – спрогнозированный результат, f_i – фактическое значение.

$$d = \left(\sum_{i=1}^5 \frac{p_i}{f_i} \right) / 5 \quad (1)$$

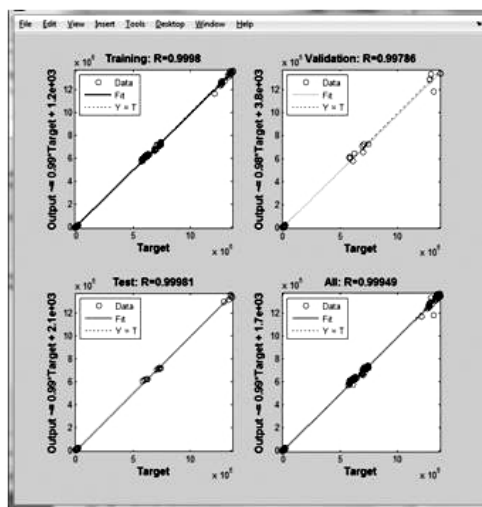


Рис. 2. Коэффициенты корреляции сети

Для дальнейшей работы была использована нелинейная авторегрессионная экзогенная нейронная сеть, имеющая 1 скрытый слой с 20 нейронами и 1 выходной, содержащий 1 нейрон (1.10.1.1). Схема сети приведена на рис. 3.

1. Моделирование процессов восприятия текстовой и графической информации

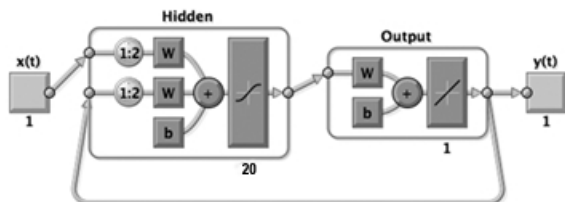


Рис. 3. Авторегрессионная нейронная сеть с экзогеном 1.10.1.1

В результате работы ИНС было получено несколько прогнозов по численности населения и его половозрастному составу.

2. Результаты и обсуждения

Для проверки качества обучения сети был построен прогноз на 2010–2014 годы, результаты которого были сопоставлены с данными Росстата. Средняя погрешность прогноза составила 3 %, что говорит о хорошей прогностической способности построенной и обученной сети.

Затем был построен прогноз численности и половозрастного состава (рис. 4, 5) населения с 2010, по 2044 гг., а так же уровень рождаемости, смертности (рис. 6) и динамики миграции (рис. 7).

По построенным прогнозам можно сделать вывод, что численность постоянного населения города будет возрастать.

При сопоставлении динамики численности населения и миграции (рис. 4, 6) было выявлено, что уровень миграции играет незначительную роль в прогнозировании численности населения города.

Спрогнозированный возрастной состав (см. рис. 5) населения демонстрирует периодичность — в среднем каждые 11 лет уровень роста постоянного населения имеет тенденцию повторяться с учетом роста числа населения.

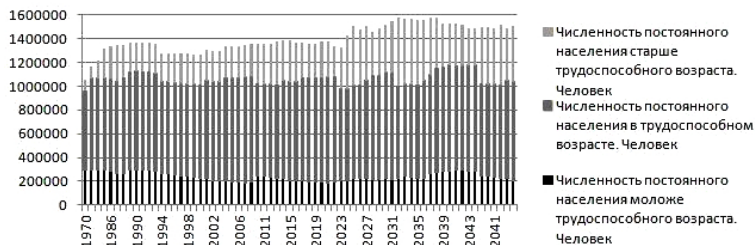


Рис. 4. Прогноз численности постоянного населения и его возрастного состава

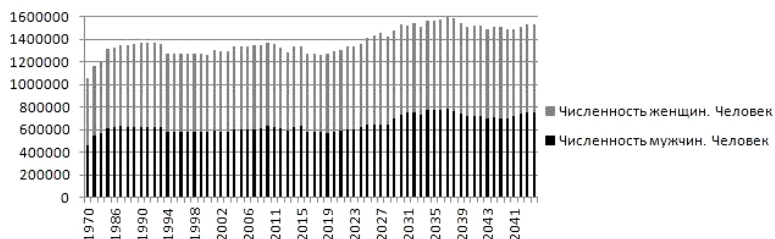


Рис. 5. Прогноз численности постоянного населения и его полового состава

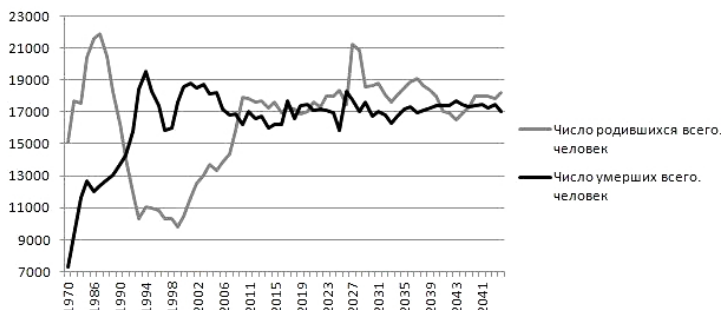


Рис. 6. Прогноз уровня рождаемости и смертности населения

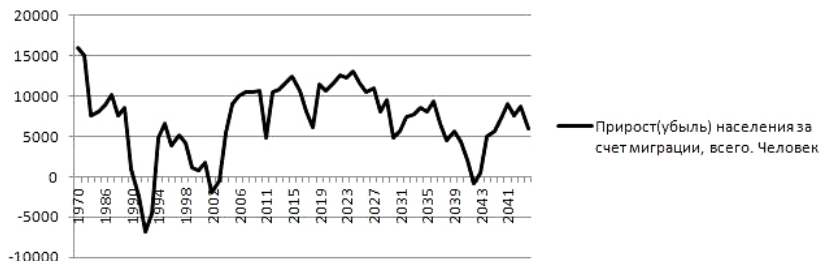


Рис. 7. Прогноз динамики миграции

4. Заключение

Проведенные исследование показывает, что ИНС могут быть успешно использованы для прогнозирования временных рядов. Такие ИНС могут использоваться в системах поддержки принятия решений при планировании различных видов производства.

Таблица 1

Входные и выходные имена полей обучающей выборки

Имя поля	Тип
Дата	Вход
Численность постоянного населения	Выход
Численность мужчин	Выход
Численность женщин	Выход
Количество родившихся	Выход
Количество умерших	Выход
Прирост (убыль) населения за счет миграции	Выход

Таблица 2

Архитектуры сетей и их коэффициенты корреляции

Число нейронов в скрытом слое	Коэффициент обучения	Коэффициент проверок	Коэффициент тестирования	Общий коэффициент
10	0,99997	0,9998	0,99986	0,99992
15	0,9998	0,99786	0,99981	0,99949
20	0,99981	0,99836	0,99962	0,99943
25	0,99999	0,99855	0,99885	0,99954

Таблица 3

Результаты прогнозов различных архитектур ИНС

Год	Фактические данные	Число нейронов в скрытом слое			
		10	15	20	25
2010	1349772	1344823	1352817	1356050	1342092
2011	1349800	1343139	1350574	1355139	1342631
2012	1377738	1341636	1348911	1352908	1341900
2013	1396074	1378630	1367804	1381312	1340452
2014	1412246	1386578	1381982	1390887	1357289

Таблица 4

Сравнение средней достоверности для каждой архитектуры ИНС

Число нейронов в скрытом слое	Средняя достоверность
10	0,9869
15	0,9880
20	0,9929
25	0,9768

Список литературы

1. Гладышев А. И., Жуков А. О. Достоинства и недостатки имитационного моделирования с использованием нейронных сетей // Вестник Российского нового университета. Серия: Математическое моделирование в экономике и управлении. 2013. № 4. С. 53–55.
2. Вишневский А. Г. Население России 2009: семнадцатый ежегодный демографический доклад // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. С. 295–303.
3. Learning long-term dependencies is not as difficult with NARX networks / L. Tsungan, B. G. Horne, P. Tino, C. L. Giles. Massachusetts Institute of Technology. 1996. P. 577–582.
4. Федеральная служба государственной статистики: методические пояснения [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/metod/met-dem.htm (дата обращения: 24.04.2014).